

REFUERZO DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL MUSEO DE GEOLOGÍA DE LA UTO

Lisard Torró¹, Jordi Ristol¹, Andrea Sarri¹, David Parcerisa¹, Joaquim Sanz¹, Marta Casarramona¹, Pura Alfonso¹, M. Llanque², Josep M. Mata - Perelló¹

1.- Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de Catalunya. Manresa, Catalunya.

2.- Facultad de Minas, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia.

Corresponding autor: lisardtorro@hotmail.com

RESUMEN

Bolivia posee una de las mayores riquezas mineralógicas del mundo. Una buena representación de ellas se encuentra en el Museo Mineralógico de la Facultad de Minas de la UTO en Oruro. La trayectoria de más de 100 años de la colección había provocado que esta no se encontrara en su mejor situación. Por eso se decide una catalogación, inventariado y reordenación de las muestras mineralógicas que posee. Para ello se utilizan diversas técnicas de identificación mineral que van desde las clásicas de visu hasta el estudio petrográfico con lámina delgada o Difracción de RX. Se procede también a la renovación de las fichas identificatorias y al fotografiado de las más de 3500 muestras de que dispone.

Palabras claves: Museo Mineralógico, Oruro, Patrimonio Minero

ABSTRACT: Bolivia has one of the greatest mineral wealth of the world. A good example of these is in the Mineralogical Museum of the School of Mines of the UTO in Oruro. The career of more than 100 years of the collection had caused that it was not in its best situation. So it was decided cataloging, inventorying and reordering of mineralogical samples it has. For this purpose various mineral identification techniques had been used, ranging from classic visu petrographic to the study with thin section or Diffraction RX. It's also done the renovation of the cards and the photographed of more than 3500 samples availables.

Keywords: Mineralogical Museum, Oruro, Mining Heritage

INTRODUCCIÓN

Bolivia presenta una gran riqueza mineralógica. Fosfatos como la fosfofilita, la vivianita, la ludlamita o la vauxita, minerales metálicos como la andorita, la frankeita, la argyrodita o la cilindrita, elementos nativos... cuentan entre las mejores muestras del mundo con su denominación de origen boliviana. Bolivia ha proporcionado y continuará proporcionando muchos de los mejores especímenes minerales conocidos hasta el momento. Estos tesoros bolivianos han abastecido coleccionistas de Norte América y de Europa durante un poco más de 100 años empezando en los 1880s o 90s cuando ingenieros de minas extranjeros, mayormente británicos, alemanes y ocasionalmente americanos, fueron en busca de depósitos de estaño y de reactivar las antiguas minas de plata. Muchas muestras minerales captaron la atención de los coleccionistas durante este periodo. Incluidos entre estos hay las pirargyritas de Colquechaca (probablemente el productor más prolífico de todos los tiempos de esta sulfosal), y curiosidades como cobre nativo pseudomorfo de aragonito de Corocoro, extrañas sulfosales de estaño como la cilindrita de Poopó y las augelitas mejor cristalizadas del mundo de Machacamarca (Petrov, A., 2009). El departamento de Oruro es una de las zonas mineras bolivianas

históricamente de mayor importancia. Destacan las minas o zonas mineras de Poopó, Huanuni, Morococala, San José y Itos (fig. 1). Las especies minerales documentadas en Huanuni comprenden pirita, pirrotita, estannita, greenockita, hisingerita, arsenopirita, frankeita, vivianita, ludlamita, aheylita, wavelita, variscita, casiterita, siderita, valentinita, cronstedtita y nikischerita. Documentados en el distrito de Poopó encontramos cilindrita, frankeita, teallita, herzenbergita, zinkenita, jamesonita, kermesita y vivianita. En las minas de San José y Itos se documentan ocurrencias de andorita, augelita, boulangerita, bournonita, casiterita, calcoestilbita, cilindrita, frankeita, oro, jamesonita, metaestilbita, miargyrita, plagionita, estannita, teallita, valentinita, wavelita, zinkenita y otros como galena, cerusita, semseyta, tetraedrita, wurtzita, pirita, diaphorita, vivianita, apatita, ortoclasa... Por último, en la Mina de Morococala encontramos descritos minerales como vivianita, hisingerita, fosfophilita y antimonita (Hyršl, J., Petrov, A., 2009).

Enmarcada en esta prolífica región por lo que a especies minerales y minería respecta, la centenaria Facultad de Minas era creada el año 1906. Inherente a esta creación aparecía también su Museo Mineralógico. Para su apertura se recoge todo el material que había

llegado desde Europa el año 1904. El 8 de julio de 1917 el Presidente de la República José Gutiérrez Guerra promulga la Ley de 6 de septiembre de 1917, en la que se crea oficialmente el Museo Mineralógico cuyo funcionamiento se da en la Escuela de Minería de Oruro. Desde el 1918 hasta el 1975 el museo se enriqueció con muestras mineralógicas de diferentes centros mineros bolivianos. Ese mismo año se trasladó a su nuevo ambiente construido en la ciudad universitaria. En la actualidad la vasta colección de minerales, rocas y fósiles tiene aproximadamente unos 5500 ejemplares distribuidos en vitrinas de exposición distribuidas en las diferentes plantas (fig. 2) del espacio disponible (Llanque, M, 2006).

De entre todas estas muestras, las más abundantes son las correspondientes a minerales, que agrupan por ellas mismas más de 3500 muestras, y que cuentan con una gran variedad tanto composicional como de procedencia.

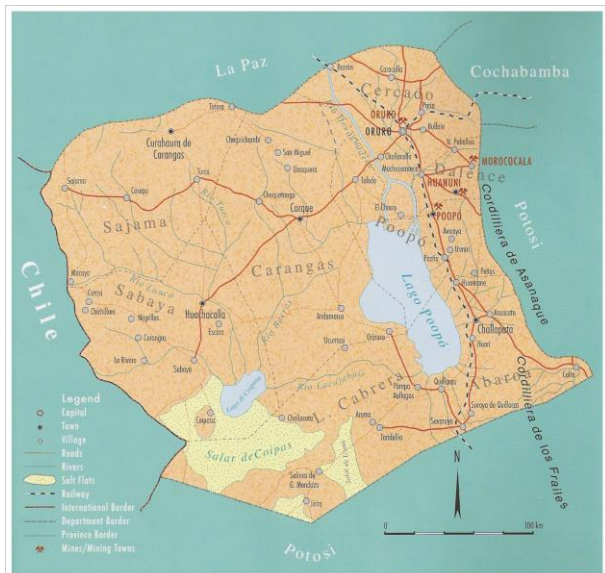


Fig. 1: Localización de las principales zonas mineras del Departamento de Oruro (modifi. de Neumeier, G.)



Fig. 2: Vistas del interior del Museo Mineralógico en que podemos observar la distribución de las muestras en los diferentes niveles colgantes con que cuenta.

La larga trayectoria del museo, con más de 100 años de antigüedad, ha hecho que la colección no presentara el aspecto que se merece (fig 3). La aportación

intermitente de muestras a lo largo de todos estos años había llevado a una situación en que muestras pertenecientes a un mismo grupo mineralógico o a una misma especie quedaran repartidos en localidades muy diferentes del museo. Además, el paso del tiempo había producido el envejecimiento y deterioro de muchas de



las fichas con las que los minerales son identificados dentro de sus vitrinas; éstas además presentaban un formato heterogéneo que muchas veces no reunía los mismos campos clasificatorios y explicativos. Así mismo, la ausencia de una base de datos que sumara la totalidad de las muestras en soporte digital dificultaba la localización, recuento e identificación de las especies expuestas.

Fig. 3: estado de algunas vitrinas antes de su catalogación, renovación de fichas y ordenación.

Delante de esta situación fue firmado el proyecto de colaboración entre la Universitat Politècnica de Catalunya (U.P.C) y la Universidad Técnica de Oruro (U.T.O), en que se buscaba poner solución a los problemas arriba mencionados, el año 2010.

Según este, dos técnicos de la U.P.C. (Lic. Lisard Torró y Jordi Ristol) se desplazarían durante los meses de julio y agosto de este mismo año a las instalaciones del museo para llevar a cabo su trabajo y recoger los datos necesarios. Finalmente se contó también con la colaboración de una tercera técnica (Ing. Andrea Sarri) pudiéndose agilizar mucho la labor.

En el momento de redacción de este artículo se cuenta solamente con el trabajo realizado en el museo un mes atrás. Durante el mes de enero de 2011 se desplazará también al Museo el Dr. Josep Maria Mata-Perelló para el afinamiento de la clasificación en caso que así fuera necesario. Se prevé que el trabajo clasificatorio y las mejoras en la museización de la colección se alarguen durante el decurso del próximo año; esta tarea se llevará a cabo en las instalaciones de la ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE MANRESA DE LA U.P.C.

OBJECTIVOS:

Los objetivos del presente estudio se pueden

enumerar como sigue:

- Supervisión de la clasificación mineralógica ya existente.
- Identificación mediante técnicas de Rayos X (principalmente Difracción de Rayos X) y petrológicas (a partir del estudio con microscopio petrográfico de luz transmitida y reflejada de secciones delgadas) de minerales de difícil reconocimiento.
- Catalogación del fondo (fichas completas, fotografías de los minerales, enumeración...).
- Ordenación del fondo según al grupo mineralógico a que pertenecen. Para ello se tendrá en cuenta la clasificación de J. D. Dana y los criterios de la I.M.A (International Mineralogical Association).
- Digitalización del fondo.
- Creación de un catálogo mineralógico del museo.
- Creación de la guía didáctica de la colección mineralógica del museo.
- Conseguir una mayor valoración de la población local del fondo mineralógico de que disponen.

METODOLOGÍA:

La identificación de los minerales se ha llevado a cabo a partir de diversas técnicas como la identificación a visu, con microscopio petrográfico o mediante Difracción de Rayos X.

La identificación a **visu** se llevó a cabo durante la estancia de los dos técnicos en las instalaciones del museo. Se utilizó para todas aquellas muestras que no presentaban una especial dificultad identificatoria. Para ello se identificaron diferentes tipos de propiedades:

- Propiedades ópticas: como el color, la pátina, la ralla o el brillo (vítreo, adamantino, semimetálico, metálico, grasosa, de cera, nacarada, sedosa, mate...)
- Propiedades mecánicas: exfoliación, dureza, peso específico y tenacidad.
- Propiedades cristalográficas: facies, hábito, maclado, aspectos relativos a la superficie de las caras, agregados cristalinos...
- Otras propiedades: magnetismo, gusto...

Se ha contado en todo momento del apoyo de libros, guías y páginas web especializados en la clasificación mineral. De especial ayuda ha sido la consulta de la página web <http://www.mindat.org/> que cuenta con la descripción del mineral, sus localidades y un buen dossier de fotos para cada especie. En algún caso se ha tenido que recurrir también a la utilización de tablas sistemáticas.

En cuanto al **microscopio petrográfico**, este ha sido utilizado tanto con luz transmitida (para los minerales transparentes) como con luz reflejada (para los minerales opacos). El estudio será hecho sobre láminas primas representativas de las muestras escogidas. Para su elaboración se ha cortado un dado de la muestra. Posteriormente se ha llevado a cabo el montaje de la muestra sobre el portaobjetos de tamaño estándar (24x48x1,5mm). A continuación ha realizado el devastado del dado hasta conseguir un grueso de 30 micras.

Para los minerales de mayor dificultad de identificación se utilizarán métodos de Rayos X. De entre estos, el de mayor utilidad para nuestro trabajo es la **Difracción de polvo de Rayos X**. Esta es una de las técnicas más utilizada y fiable para la caracterización mineral y es fundamental como caracterización de sólidos. Los análisis de DRX se realizarán en els Serveis Científic-Tècnics de la Universitat de Barcelona con el equipo Difractómetro Multiaplicación Philips MRD. Para ello la preparación de la muestra se ha hecho a partir de fragmentos de muestra de medidas aproximadas de 2x2x1cm; el tratamiento de reducción del tamaño de grano se ha hecho de manera manual con la utilización de un mortero de ágata. El análisis con el difractómetro se lleva a cabo con unas condiciones de un ángulo inicial 2θ de $4,0290^\circ$ y uno final de $79,9885^\circ$ con saltos de $0,0170^\circ$ entre las sucesivas estaciones de medida. La temperatura de medida, de 25°C y la apertura de divergencia se fija en 1° . La identificación de las especies minerales presentes se realizará a partir de la posición de la posición y intensidad relativa de los picos de difracción con el programa XPERT con cálculo previo del background y la búsqueda de picos con un minimum significance de 2, minimum tip width de 0,01, maximum tip width de 1, un peak base with de 2 y un method de minimum 2^{nd} derivate.

Una vez identificadas las especies se llevó a cabo una renovación de las **fichas descriptivas** de las muestras. Para ello se elaboró una ficha base (fig. 4) que fue cumplimentada para cada una de ellas. Las mismas constaban de los campos correspondientes a la clasificación del mineral, su número de inventario, nombre del mineral, fórmula estructural, sistema cristalino, mena de, minerales accesorios y procedencia. Para cada grupo mineral se utilizó un color distintivo.

GABINETE MINERALÓGICO	
Núm: 675	
HALUROS	
Nombre del mineral: ATACAMITA	
Fórmula estructural: $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$	
Sist. cristalino: ORTORRÓMBICO	
Mena de: Cu	
Minerales accesorios: MALQUITA-CRISOCOLA	
Procedencia: CHILE	

Fig. 4: ejemplo de ficha descriptiva utilizada para la identificación de la muestra.

La **clasificación de las especies** se hizo siguiendo el criterio de J. D. Dana. Los grupos en que se agruparon los minerales son los siguientes:

- Elementos nativos
- Sulfuros y sulfosales
- Haluros
- Óxidos e hidróxidos
- Carbonatos y boratos
- Sulfatos, cromatos, molibdatos y wolframatos
- Fosfatos, arseniatos y vanadatos
- Compuestos orgánicos
- Vidrios

La base de datos fue creada con el programa especializado MINITAB. Este programa permite ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina el uso amigable del Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticas. Para cada muestra se incluye su número de clasificación, el nombre del mineral, su clasificación, los minerales accesorios, su fórmula estructural, de qué es mena y la procedencia.

También de cada muestra se tomaron algunas fotos representativas, tanto de la muestra en su totalidad como de algunos detalles significativos. Algunas de ellas son presentadas en el apartado de resultados.

RESULTADOS:

Durante el trabajo realizado en el decurso del invierno de 2010 se llevó a cabo la catalogación, inventariado, fotografiado y ordenación de la totalidad de las muestras minerales expuestas que pudieron ser identificadas a visu. Quedan para los próximos meses de trabajo la obtención de nuevos resultados de aquellas especies de las que se tomó muestra para su análisis. A modo de ejemplo de lo que vendrá a ser el catálogo definitivo del museo ofrecemos ahora un avance de algunas muestras, **en la página 180**.

CONCLUSIONES:

Se ha llevado a cabo la catalogación y inventariado de la colección mineral del Museo Mineralógico de la Universidad Técnica de Oruro. Esta ha supuesto la creación de una base de datos digital, una renovación de las fichas descriptivas de las muestras, el fotografiado de la totalidad de las mismas y una reordenación de las muestras, que han sido agrupadas según la clasificación propuesta por Dana.

Durante los próximos meses se llevará a cabo el estudio de aquellas muestras de más difícil identificación. Para ello se utilizará el microscopio óptico petrográfico en el estudio de secciones delgadas de algunas muestras. Se realizará también análisis con el método de la Difracción de polvo de Rayos X para la identificación mineral.

Finalmente se pretende crear el catálogo y la guía didáctica de la colección mineral del Museo. Para ello se procederá a la ordenación de los datos recogidos en todas las fases de estudio anteriores. Se estudiará así mismo la realización de paneles explicativos que hagan de la visita al Museo, si cabe, una experiencia más enriquecedora.

AGRADECIMIENTOS:

Des de el grupo de trabajo de la U.P.C. queremos agradecer el buen trato recibido durante

nuestra estancia de trabajo en Oruro. Agradecer al Dr Gerardo Zamora y al Ing. Milan Llanque su atención y coordinación para que todo fuera de la mejor manera posible. Agradecer especialmente también a las personas de Edgar y Hugo su cercanía que nos facilitó mucho el trabajo. Igualmente a todas las personas que con su apoyo han hecho y están haciendo posible la progresión de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA:

HYRŠL, J., PETROV, A., (2009): Huanuni: Bolivia's Tin Town; The Poopó District; Silver and Tin Minerals from the San José and Itos Mines in Oruro; The Morococala Mine In *Bolivia, The Height of Mineral Collecting*. Lithographie, LLC, Denver, Colorado (18-33)

LLANQUE, M., (2006): Museo Mineralógico de la Universidad Técnica de Oruro, F.N.I, Oruro, Bolivia.

NEUMEIER, G., (2009): Oruro Department In *Bolivia, The Height of Mineral Collecting*. Lithographie, LLC, Denver, Colorado (17)

PETROV, A., (2009): Bolivia: A Land of Extremes In *Bolivia, The Height of Mineral Collecting*. Lithographie, LLC, Denver, Colorado (4-5)

	<p>Núm: 3093</p> <p>Clasificación: Fosfatos, arseniatos y vanadatos</p> <p>Nombre del mineral: Wavelita Fórmula estructural: $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH},\text{F})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Sistema cristalino: Ortorrómico Mena de: Minerales accesorios: Andorita, pirita Procedencia: Itos, Oruro</p>
	<p>Núm: 5455</p> <p>Clasificación: Silicatos, inosilicatos (asbesto)</p> <p>Nombre del mineral: Crocidolita Fórmula estructural: $\text{Na}_2\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ Sistema cristalino: Monoclínico Mena de: Minerales accesorios: Procedencia:</p>
	<p>Núm: 305</p> <p>Clasificación: Sulfuros y sulfosales</p> <p>Nombre del mineral: Cilindrita Fórmula estructural: $\text{Pb}_3\text{Sn}_4\text{FeSb}_2\text{S}_{14}$ Sistema cristalino: Triclinico Mena de: Minerales accesorios: Procedencia: Poopó</p>
	<p>Núm: 745</p> <p>Clasificación: Sulfatos, cromatos, molibdatos y wolframatos</p> <p>Nombre del mineral: wulfenita Fórmula estructural: $\text{Pb}(\text{MoO}_4)$ Sistema cristalino: Tetragonal Mena de: Mo Minerales accesorios: Calcita Procedencia: Mina Defiance Gleeson, Arizona, EEUU</p>